

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів  
і матеріалознавства

**03-09-134М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до науково-дослідної практики  
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня  
за освітньо-професійною програмою  
«Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів»  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості ННІБА  
Протокол № 2 від 05.11.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до науково-дослідної практики для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Житковський В. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 25 с.

Укладач: Житковський В. В., канд. техн. наук, доцент кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Відповідальний за випуск: Дворкін Л. Й., д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Керівник освітньої програми: Дворкін Л. Й., д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

© В. В. Житковський, 2024

© НУВГП, 2024

## 1. Мета та завдання науково-дослідної практики

Науково-дослідна практика є завершальним етапом навчального процесу майбутнього магістра за ОП «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів», проводиться з метою підготовки студента до виконання магістерської кваліфікаційної роботи та підготовки випускника до професійної діяльності в якості магістра після закінчення університету.

Для здобувачів рівня підготовки – магістр згідно з навчальним планом передбачено проведення науково-дослідної практики у 2-му семестрі тривалістю 4 робочих тижнів.

Для здобувачів проходження науково-дослідної практики планується науково-дослідних інститутах, наукових лабораторіях кафедр чи інших установ відповідно до фахового спрямування та теми майбутньої магістерської роботи

Метою науково-дослідної практики є практичне оволодіння здобувачів системою поглиблених спеціальних знань та умінь інноваційного характеру для вирішення проблемних професійних науково-практичних завдань, отримання навичок застосування у виробництві передових технологій, наукових розробок.

Завданнями науково-дослідної практики є:

- оволодіння навичками наукової роботи, набуття досвіду її організації;
- використання методів наукового пізнання для вирішення прикладних питань;
- застосування знань інноваційного характеру для вирішення проблемних технологічних завдань;
- закріплення навичок виконання науково-технологічних досліджень.

В результаті проходження науково-дослідної практики здобувачі повинні знати:

- основні етапи науково – дослідницьких робіт;
- вимоги нормативних документів до основної продукції будівельної галузі та основної сировини;
- особливості проектування основних технологій виготовлення будівельних матеріалів і виробів;
- основні методи проведення наукових досліджень в галузі будівельного матеріалознавства;

- призначення, зміст і послідовність розробки основної технічної проектної документації;
- засоби отримання наукових результатів, їх аналізу та інтерпретації;
- організацію безпечних умов праці при проведенні наукових досліджень.

Здобувачі повинні вміти:

- ставити завдання наукових досліджень в галузі будівельного матеріалознавства;
- проводити аналіз інформаційних джерел, визначати конкретні задачі для реалізації наукових завдань;
- визначати технічні і фізико-хімічні характеристики матеріалів, виробів і конструкцій;
- використовувати методи планування експериментів та математичної статистики;
- виконувати обробку інформації;
- аналізувати отримані дані, робити технологічні висновки.

## **2. Структура і зміст звіту з науково-дослідної практики.**

Структура і зміст звіту науково-дослідної практики повинні відповідати етапам наукового дослідження і його логічній схемі.

Звіт має включати такі розділи:

### **1. Обґрунтування актуальності обраної теми**

В розділі описується проблема, яка визначає стратегію дослідження, науковий пошук, наводяться факти, що призвели до проблеми, окреслюється актуальність. Необхідно відбити ступінь розробленості тих або інших аспектів теми, що існують проблеми в даній предметній області досліджень, показати внесок вчених і фахівців у розробку теоретичних питань досліджуваної проблеми і рішення відповідних практичних задач. Критично висвітлюючи роботи попередників, магістрант повинен назвати ті питання, що залишились невирішеними, а отже, визначити своє місце у розв'язанні проблеми. Бажано закінчити цей розділ коротким висновком стосовно необхідності проведення даного дослідження.

## 2. Постановка мети і конкретних задач дослідження

В розділі формують мету дослідження, визначають конкретні завдання, що належить вирішити в зв'язку з поставленою метою. Зміст даного розділу формується на основі результатів попереднього.

## 3. Вибір і обґрунтування методики проведення дослідження, характеристика сировинних матеріалів, що використані

В розділі висвітлюють питання методичних підходів і теоретичних засад вивчення об'єкта дослідження, коротко характеризують основні напрями робіт, методику обробки даних в усіх видах досліджень. У цьому випадку подають оцінку точності виконаних досліджень та інтерпретації даних, ступеня достовірності отриманих результатів і т.д. Також в розділі наводять характеристики випробувального обладнання, фактичні дані по сировині.

## 4. Результати проведення досліджень

Наводяться результати експериментів, основні розрахунки отримані залежності, результати статистичної обробки даних, графіки, діаграми, наводиться детальний аналіз отриманих даних з посиланням на сучасні джерела. При плануванні проведення експериментальних досліджень, отриманні даних, їх інтерпретації та аналізі бажано використовувати методи математичного планування експерименту. Методика виконання досліджень за допомогою математичного планування та їх аналізу наведена у п.3.

## 5. Формування висновків і оцінка отриманих результатів

У висновках у логічній послідовності подають основні підсумки виконаного дослідження, які є водночас предметом захисту роботи. У них зазначають те нове, що внесено у вирішення поставлених завдань порівняно з попередніми дослідженнями, їх теоретичне і практичне значення. Висновки, зазвичай, роблять зі всіх розділів роботи, вони повинні бути лаконічними.

## 6. Додатки

У додатках розміщують матеріал, який є необхідний для повноти роботи, але не може бути розміщений в основній частині через великий обсяг чи способи відтворення.

До додатків можуть бути включені додаткові ілюстрації чи таблиці, оригінали фотографій.

### 3. Проведення експериментальних досліджень і аналіз отриманих даних із застосуванням методів математичного планування експерименту

#### 3.1. Загальні відомості. Вибір факторів

Під математичним плануванням експерименту (МПЕ) розуміють постановку дослідів за наперед складеною схемою, що володіє оптимальними властивостями з погляду об'єму експериментальних робіт і статистичних вимог.

Побудова математичної моделі об'єкта дослідження є основною задачею МПЕ. Задача одержання математичної моделі полягає в одержанні залежності, що характеризує зв'язок між параметром оптимізації і незалежними змінними.

У результаті експериментів визначають коефіцієнти регресії  $b_0$ ,  $b_i$ ,  $b_{ij}$ ,  $b_{ii}$ , які є оцінками теоретичних коефіцієнтів рівняння записують у вигляді:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i < j} b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \dots,$$

де  $\hat{y}$  – розрахункове значення параметра оптимізації,  $k$  – кількість факторів.

За величиною коефіцієнтів регресії можна судити про ефекти – ступені впливу відповідних факторів. Значимість коефіцієнтів регресії свідчить про значимість відповідних ефектів.

Планування експерименту проводиться в кілька етапів: спочатку - попереднє вивчення об'єкта дослідження, потім - побудова відповідної математичної моделі і її інтерпретація. На закінчення при необхідності здійснюється технічна реалізація отриманих результатів.

Попереднє вивчення об'єкта дослідження включає: постановку задачі; збір і обробку апріорної інформації, висування робочої

гіпотези; вибір параметрів оптимізації, незалежних змінних і обмежень; попередній експеримент.

Важливою вимогою, що пред'являється до факторів, є їх відсутність між ними прямого зв'язку.

При виборі факторів варто враховувати ступінь їх керованості і можливість збереження заданого рівня варіювання. Планування важкокерованих факторів слід проводити за допомогою спеціальних прийомів. Краще, щоб досліджувані фактори мали кількісну оцінку. Однак фактори можна планувати і за їхніми якісними показниками.

При будь-якому поєднанні факторів рівні варіювання повинні забезпечувати можливість проведення експерименту і вимірювання вихідного параметра. Наприклад, якщо вихідним параметром є рухливість бетонної суміші, то частка піску в суміші заповнювачів, вміст води, кількість добавки повинні забезпечити одержання однорідної бетонної суміші з осадкою конуса більше нуля. У протилежному випадку необхідно звузити інтервали варіювання або вирішувати задачу частинами.

Після вибору факторів необхідно встановити рівні їх варіювання. Сукупність всіх значень, які може приймати фактор у межах експерименту, називають його областю варіювання. У матриці планування (таблиці планованих експериментів) фактори даються в кодованому вигляді. При цьому за основний рівень варіювання приймають центральну, так звану нульову точку й позначають її  $X_{i0}$ , а інтервал варіювання -  $\Delta X_i$ . Шляхом додавання (або віднімання) значення інтервалу варіювання до значення фактора, що перебуває на основному рівні, одержують відповідно верхній, який позначають (+1) або (+), або нижній, який позначають (-1) або (-), рівень фактора.

Взаємозв'язок між натуральними  $X_i$  і кодованими значеннями факторів  $x_i$  визначають за формулою

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}$$

Вибір інтервалів варіювання залежить від цілей і можливостей дослідження, а також від конкретних умов виробництва.

Орієнтовні інтервали варіювання для лінійних і квадратичних рівнянь, що характеризують вплив основних технологічних факторів, на властивості бетону наведені в табл. 1.

Таблиця 1

## Фактори та інтервали варіювання

Фактори	Інтервали варіювання, % від основного рівня, для залежностей	
	лінійних і неповних квадратичних	квадратичних
Цементно-водне відношення Ц/В	15 - 20	25 - 40
Витрата води $V$ , л/м <sup>3</sup>	5 - 8	5 - 20
Витрата добавки $D$ , кг/м <sup>3</sup>	20 - 50	20 - 100
Частка піску в суміші заповнювачів $g$	5 - 10	5 - 15
Найбільша крупність щебеню (гравію) $D_{\max}$ , мм	20 - 40	20 - 80
Модуль крупності піску $M_{кр}$	20 - 25	30 - 50
Час попереднього витримання $\tau_v$ , хв	30 - 50	30 - 100
Час ізотермічного прогріву $\tau_{із}$ , година	20 - 40	20 - 100
Загальна тривалість теплової обробки при оптимальній структурі режимних параметрів $\tau_{про}$ , година	20 - 30	20 - 50
Температура ізотермічного прогріву $T$ , °С	8 - 10	8 - 25
Швидкість підйому температури $V$ , °С/год.	20 - 30	20 - 50
Активність цементу $R_c$ , МПа	15 - 25	15 - 25

Умови планування експерименту слід зводити в спеціальну таблицю, прикладом побудови якої може виступати табл. 2.



Таблиця 2

## Приклад умов планування експерименту

№ п/п	Фактори		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	Натуральний вид	Кодовий вид	-1	0	+1	
1	Водогіпсове відношення (В/Г)	$X_1$	0,15	0,25	0,35	0,10
2	Тривалість ущільнення, ( $\tau$ , с)	$X_2$	5	15	25	10
3	Величина динамічного тиску (Р, МПа)	$X_3$	0,012	0,062	0,112	0,05

Для побудови лінійних залежностей застосовуються дворівневі, а для квадратичних - трирівневі плани і плани з більшою кількістю рівнів.

Щоб уникнути систематичних помилок і для рівномірного розподілу або усунення некерованих впливів на весь експеримент досліди проводять не за порядком, зазначеним в матриці, а у випадковій послідовності.

### 3.2. Побудова лінійних залежностей

При вивченні лінійних і неповних квадратичних залежностей найчастіше застосовують повний факторний експеримент (ПФЭ) і дробові репліки.

При проведенні ПФЕ планування експериментів здійснюють на двох рівнях – верхньому (+1) і нижньому (-1). Плани експериментів, що застосовуються дозволяють реалізувати всі неповторювані варіанти дослідів на зазначених рівнях для різного числа факторів.

Схема добудовування матриць ПФЕ при кількості факторів  $k$  від 2 до 5 наведена в табл.1 додатку 1.

Результати дослідів обробляють за допомогою методів математичної статистики, одержуючи залежності між вихідними параметрами і факторами, що на них впливають, у вигляді лінійних або неповних квадратичних рівнянь регресії.

У загальному вигляді для  $k$  факторів

$$\hat{y}_i = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i \neq j} b_{ij} x_i x_j$$

Наприклад, для двохфакторного експерименту

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2;$$

для п'ятифакторного експерименту

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{14} x_1 x_4 + b_{15} x_1 x_5 + b_{23} x_2 x_3 + b_{24} x_2 x_4 + b_{25} x_2 x_5 + b_{34} x_3 x_4 + b_{35} x_3 x_5 + b_{45} x_4 x_5$$

Побудову моделі можна вважати закінченою, а саму модель використати для прийняття матеріалознавчих і технологічних рішень тільки після того, як алгебраїчний розрахунок оцінок коефіцієнтів буде доповнений статистичним аналізом окремих коефіцієнтів і моделі в цілому. Методика проведення статистичного аналізу наведена у [7, 8].

### 3.2. Побудова квадратичних залежностей

При вирішенні будівельно-технологічних задач більшість залежностей адекватно описуються поліноміальними рівняннями другого порядку. Такі рівняння можуть бути використані як математичні моделі також для опису частини поверхні відгуку поблизу оптимуму або т.зв. стаціонарної області.

Математична модель другого порядку має вигляд:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2,$$

де  $k$  - число факторів.

Завдання полягає у визначенні оцінок коефіцієнтів цієї моделі за результатами спланованого експерименту.

Варіювання факторів виробляється не менше ніж на трьох рівнях.

У практиці досліджень у технології бетону та інших композиційних матеріалів найбільше часто застосовують ротатабельні плани,

плани Бокса-Бенкіна, а також двох-, трьох-, чотирьох- і п'ятифакторні плани, близькі по властивостях до Д-оптимальних.

Типові плани найбільше часто застосовувані при дослідженні властивостей будівельних матеріалів наведені в табл. 2-5 додатку 1.

Методика розрахунку оцінок коефіцієнтів рівняння регресії, перевірки їх значимості і адекватності рівняння наведена в [7, 8].

### 3.3. Вирішення сумішевих задач

При дослідженні впливу складу суміші декількох компонентів на властивості композиційного матеріалу чи при визначенні їх оптимального вмісту для забезпечення певної властивості часто використовується система "склад-властивість".

Плануванню експерименту на діаграмах "склад-властивість" властива та особливість, що компоненти не є незалежними змінними ( $\sum_i v_i = 1$ ). Тому використовують спеціальні канонізовані поліноми:

$$y = \sum_i^m b_i v_i + \sum_{i < k} b_{ik} v_i v_k \cdot$$

Діаграми "склад-властивість", як і діаграми стану силікатних систем, прийнято представляти в координатах симплекса, тобто опуклої фігури, утвореної множиною  $(m+1)$  незалежних точок в  $m$ -мірному просторі, що має мінімальну кількість вершин. На площині це - трикутник, в 3-мірному просторі - тетраедр і т.д. Задача планування експерименту зводиться до того, щоб у якомусь значенні оптимально розташувати експериментальні точки на симплексі.

Для вирішення сумішевих задач використовують плани Шеффе, у яких рівномірно по симплексу розташовується задана кількість точок (симплексна решітка).

Форма рівнянь регресії для найбільш розповсюдженої трикомпонентної суміші наведені нижче:

- для лінійного рівняння

$$y = b_1 v_1 + b_2 v_2 + b_3 v_3$$

- для квадратного рівняння

$$y = b_1 v_1 + b_2 v_2 + b_3 v_3 + b_{12} v_1 v_2 + b_{13} v_1 v_3 + b_{23} v_2 v_3$$

- для неповного кубічного рівняння

$$y = b_1 v_1 + b_2 v_2 + b_3 v_3 + b_{12} v_1 v_2 + b_{13} v_1 v_3 + b_{23} v_2 v_3 + b_{123} v_1 v_2 v_3$$

Плани експерименту за симплекс-методом наведені у додатку 1.

Методика розрахунку оцінок коефіцієнтів рівняння регресії, перевірки їх значимості і адекватності рівняння наведена в [7, 8].

### 3.4. Аналіз рівнянь регресії

Найбільш легко піддаються аналізу лінійні моделі. Знак при коефіцієнті показує характер впливу відповідного фактора: знак (+) свідчить про те, що зі збільшенням значення фактора величина відповідного вихідного параметра збільшується, а знак (-) - про те, що вона зменшується. Чим більше значення коефіцієнта, тим сильніший вплив фактора. Якщо необхідно одержати максимальне значення вихідного параметра, значення всіх факторів, коефіцієнти  $b_i$  яких мають знак (+) варто приймати максимальними, а значення факторів, коефіцієнти  $b_i$  яких мають знак (-) – мінімальними.

В неповних квадратичних рівняннях регресії знак перед коефіцієнтом лінійного члена відповідає напрямку зміни вихідного параметра за умови, що інші фактори прийняті на основному рівні.

Знак (+) перед коефіцієнтом взаємодії свідчить про те, що збільшення вихідного параметра можливе тільки, якщо взаємодіючі фактори перебувають одночасно на верхньому або нижньому рівні, а знак (-) - про те, що один фактор перебуває на верхньому, а інший - на нижньому рівні.

У квадратичних рівняннях, прийнявши значення всіх факторів (за винятком одного) на основному рівні, рівняння регресії можна перетворити в параболу наступного виду:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + (b_1 x_1)^2$$

з екстремумом (максимумом або мінімумом) у точці  $x_{ext} = b_{1:2} b_{11}$ .

Абсолютне значення коефіцієнта  $b_1$  відповідає швидкості зміни досліджуваного фактора  $x_1$ .

Двофакторна квадратична (повна) модель

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1 x_2$$

залежно від значення коефіцієнтів  $b_i$ ,  $b_{ii}$ ,  $b_{ij}$  являє собою одну з поверхонь другого порядку – площина, параболічний циліндр, еліптичний параболоїд і гіперболічний параболоїд.

Проекція поверхні  $\hat{y}$  на площину факторів  $x_1$  і  $x_2$  зображується у вигляді ліній однакового виходу (ізоліній), у всіх точках яких вихід  $\hat{y}$  має постійне значення, незалежне від координат  $x_1$  і  $x_2$ .

За допомогою рівнянь регресії можна вирішувати інтерполяційні екстраполяційні, аналітико-геометричні і оптимізаційні задачі, а також задачі управління при заданих значеннях вихідних параметрів, задачі управління при одному або декількох змінних факторах, задачі мінімізації ресурсів при фіксованих значеннях вихідних параметрів і провести оцінку ролі факторів.

Рішення інтерполяційних задач дозволяє знайти значення вихідного параметра в межах області варіювання факторів від +1 до -1. Підставляючи в отримане рівняння регресії кодовані значення кожного фактору (наприклад, 0,25;0,5; 0,75; -0,3; -0,6; -0,75) одержуємо значення вихідного параметра при будь-яких проміжні поєднання факторів.

Рішення екстраполяційних задач дозволяє прогнозувати значення вихідного параметра за межами області варіювання факторів, наприклад, при  $x_j = 1,1; 1,2; 1,3$ . Однак необхідно мати на увазі, що екстраполяція пов'язана з певними помилками в передбаченні, і ці помилки тим вищі, ніж далі вихід за межі області варіювання. Екстраполяція можлива, якщо в дослідника немає сумнівів, що за межами області варіювання факторів характер функції залишається без змін.

Вирішення аналітико-геометричних задач дозволяє на основі рівнянь регресії побудувати графіки і номограми для вихідного параметра в межах області варіювання факторів, які, в свою чергу, дозволяють оперативно встановити значення вихідного параметра при зміні кожного фактора.

Приклади графічної інтерпретації рівнянь регресії наведені у додатку 2.

Оптимізаційні задачі полягають в знаходженні поєднання факторів, що забезпечує максимальне (мінімальне) значення вихідного

параметра – критерію ефективності при заданих обмеженнях. У цьому випадку екстремум знаходять шляхом диференціювання рівняння послідовно по  $x_1, x_2, \dots, x_j$ .

#### **4. Вимоги до оформлення звіту з практики**

Звіт про практику повинен бути написана або надрукована на окремих аркушах формату А-4 і зброшурований. Оптимальний обсяг звіту:

- а) рукописний варіант: 40-50 сторінок,
- б) комп'ютерний варіант: 20-30 сторінок (без урахування обсягу матеріалів, розміщених у додатках).

Звіт повинен бути оформлений відповідно до вимог ДСТУ 3008-95 та СТП 3-97 „Вимоги до оформлення пояснювальних записок до курсових і дипломних робіт.

#### **Список рекомендованої літератури:**

1. Дворкін Л. Й. Теоретичні основи будівельного матеріалознавства : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2022. 799 с.
2. Дворкін Л. Й. Експериментально-статистичне моделювання при проектуванні складів бетонів : навчальний посібник. К. : Видавничий дім «Кондор», 2020. 205 с.
3. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Житковський В. В. Розв'язування будівельно-технологічних задач методами математичного планування експерименту : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 175 с.
4. Дворкін Л. Й., Скрипник І. Г. Фізико-хімічні і фізичні методи досліджень будівельних матеріалів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2006. 220 с.
5. Дворкін Л. Й., Лаповська С. Д. Будівельне матеріалознавство : підручник. Рівне : НУВГП, 2016. 448 с.
6. Дворкін Л. Й., Гоц В. І., Дворкін О. Л. Випробування бетонів і будівельних розчинів. Проектування їх складів : навчальний посібник. К. : Основа, 2014. 304 с.

## Типові експериментальні плани

Приклад добудовування матриць ПФЕ лінійних моделей для  $k=2\dots 5$ 

Точки плану	Ф а к т о р и				
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	-1	+1	+1	+1
3	-1	+1	+1	+1	+1
4	-1	-1	+1	+1	+1
5	+1	+1	-1	+1	+1
6	+1	-1	-1	+1	+1
7	-1	+1	-1	+1	+1
8	-1	-1	-1	+1	+1
9	+1	+1	+1	-1	+1
10	+1	-1	+1	-1	+1
11	-1	+1	+1	-1	+1
12	-1	-1	+1	-1	+1
13	+1	+1	-1	-1	+1
14	+1	-1	-1	-1	+1
15	-1	+1	-1	-1	+1
16	-1	-1	-1	-1	+1
17	+1	+1	+1	+1	-1
18	+1	-1	+1	+1	-1
19	-1	+1	+1	+1	-1
20	-1	-1	+1	+1	-1
21	+1	+1	-1	+1	-1
22	+1	-1	-1	+1	-1
23	-1	+1	-1	+1	-1
24	-1	-1	-1	+1	-1
25	+1	+1	+1	-1	-1
26	+1	-1	+1	-1	-1
27	-1	+1	+1	-1	-1
28	-1	-1	+1	-1	-1
29	+1	+1	-1	-1	-1
30	+1	-1	-1	-1	-1
31	-1	+1	-1	-1	-1
32	-1	-1	-1	-1	-1

Матриця тривірневого плану для трьох факторів ( $B_3$ )

Точки плану		Матриця планування			Вихідний параметр $y_i$
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	
$N_1$	1	+1	+1	+1	$y_1$
	2	+1	+1	-1	$y_2$
	3	+1	-1	+1	$y_3$
	4	+1	-1	-1	$y_4$
	5	-1	+1	+1	$y_5$
	6	-1	+1	-1	$y_6$
	7	-1	-1	+1	$y_7$
	8	-1	-1	-1	$y_8$
$N_\alpha$	9	+1	0	0	$y_9$
	10	-1	0	0	$y_{10}$
	11	0	+1	0	$y_{11}$
	12	0	-1	0	$y_{12}$
	13	0	0	+1	$y_{13}$
	14	0	0	-1	$y_{14}$
$n_0$	15	0	0	0	$y_{15}$
	16	0	0	0	$y_{16}$
	17	0	0	0	$y_{17}$

Плани експерименту за симплекс-методом Шеффе  
для різних типів моделей

Точки плану	Тип моделі		Матриця планування			Вихідний параметр $y_i$	
			$v_1$	$v_2$	$v_3$		
1	неповна кубічна	квадратична	лінійна	1	0	0	$y_1$
2				0	1	0	$y_2$
3				0	0	1	$y_3$
4				0,5	0,5	0	$y_{12}$
5				0,5	0	0,5	$y_{13}$
6				0	0,5	0,5	$y_{23}$
7				0,333	0,333	0,333	$y_{123}$



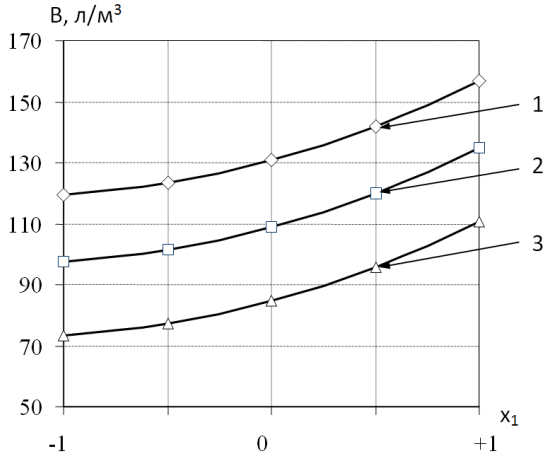
Матриця плану  $B_4$  для  $k = 4$

Точки плану		Матриця планування				Вихідний параметр $y_i$
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	
$N_1$	1	+1	+1	+1	+1	$y_1$
	2	+1	+1	+1	-1	$y_2$
	3	+1	+1	-1	+1	$y_3$
	4	+1	+1	-1	-1	$y_4$
	5	+1	-1	+1	+1	$y_5$
	6	+1	-1	+1	-1	$y_6$
	7	+1	-1	-1	+1	$y_7$
	8	+1	-1	-1	-1	$y_8$
	9	-1	+1	+1	+1	$y_9$
	10	-1	+1	+1	-1	$y_{10}$
	11	-1	+1	-1	+1	$y_{11}$
	12	-1	+1	-1	-1	$y_{12}$
	13	-1	-1	+1	+1	$y_{13}$
	14	-1	-1	+1	-1	$y_{14}$
	15	-1	-1	-1	+1	$y_{15}$
	16	-1	-1	-1	-1	$y_{16}$
$N_\alpha$	17	+1	0	0	0	$y_{17}$
	18	-1	0	0	0	$y_{18}$
	19	0	+1	0	0	$y_{19}$
	20	0	-1	0	0	$y_{20}$
	21	0	0	+1	0	$y_{21}$
	22	0	0	-1	0	$y_{22}$
	23	0	0	0	+1	$y_{23}$
	24	0	0	0	-1	$y_{24}$

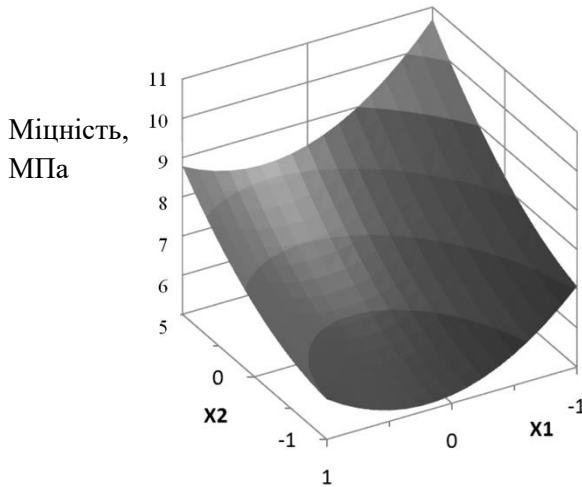
Матриця плану  $N_{a_5}$ , близького до Д-оптимального, для  $k=5$

Точки плану		Матриця планування					Вихідний параметр $y_i$
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	
$N_1$	1	+1	+1	+1	+1	+1	$y_1$
	2	-1	-1	+1	+1	+1	$y_2$
	3	-1	+1	-1	-1	-1	$y_3$
	4	+1	-1	-1	-1	-1	$y_4$
	5	-1	+1	-1	+1	+1	$y_5$
	6	+1	-1	-1	+1	+1	$y_6$
	7	+1	+1	+1	-1	-1	$y_7$
	8	-1	-1	+1	-1	-1	$y_8$
	9	-1	+1	+1	+1	-1	$y_9$
	10	+1	-1	+1	+1	-1	$y_{10}$
	11	+1	+1	-1	-1	+1	$y_{11}$
	12	-1	-1	-1	-1	+1	$y_{12}$
	13	-1	+1	+1	-1	+1	$y_{13}$
	14	+1	-1	+1	-1	+1	$y_{14}$
	15	+1	+1	-1	+1	-1	$y_{15}$
	16	-1	-1	-1	+1	-1	$y_{16}$
$N_\lambda$	17	+1	0	0	0	0	$y_{17}$
	18	-1	0	0	0	0	$y_{18}$
	19	0	+1	0	0	0	$y_{19}$
	20	0	-1	0	0	0	$y_{20}$
	21	0	0	+1	0	0	$y_{21}$
	22	0	0	-1	0	0	$y_{22}$
	23	0	0	0	+1	0	$y_{23}$
	24	0	0	0	-1	0	$y_{24}$
	25	0	0	0	0	+1	$y_{25}$
	26	0	0	0	0	-1	$y_{26}$
$n_0$	27	0	0	0	0	0	$y_{27}$

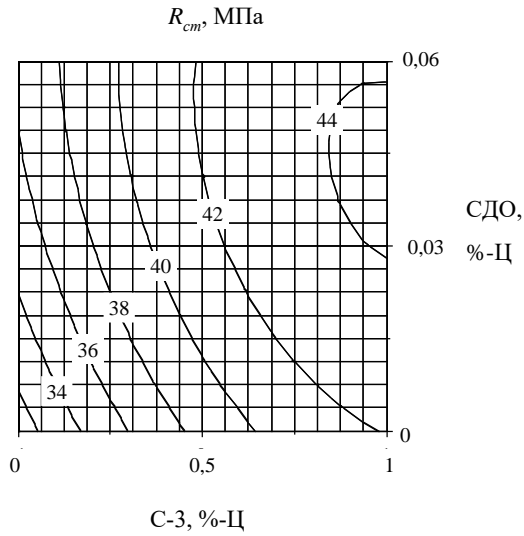
## Приклади графічної інтерпретації рівнянь регресії



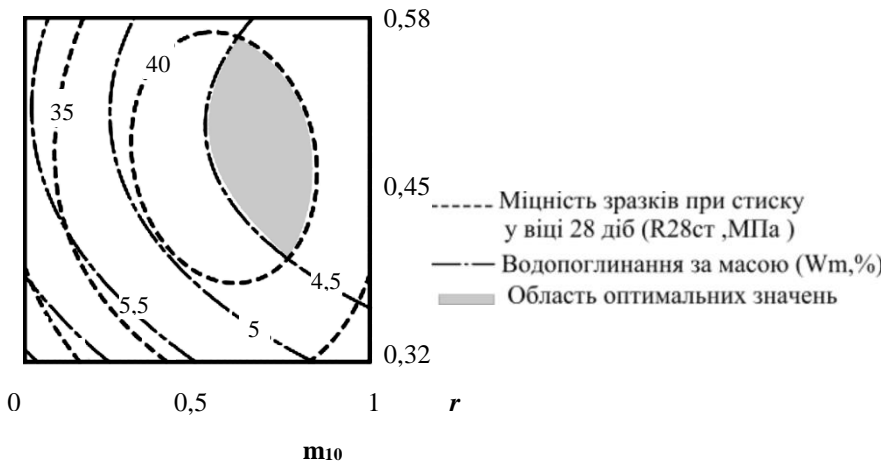
Графік залежності водопотребності бетонної суміші від фактора  $x_1$  при різних значеннях фактора  $x_2$ : 1–  $x_2 = -1$ ; 2–  $x_2 = 0$ ; 3–  $x_2 = +1$



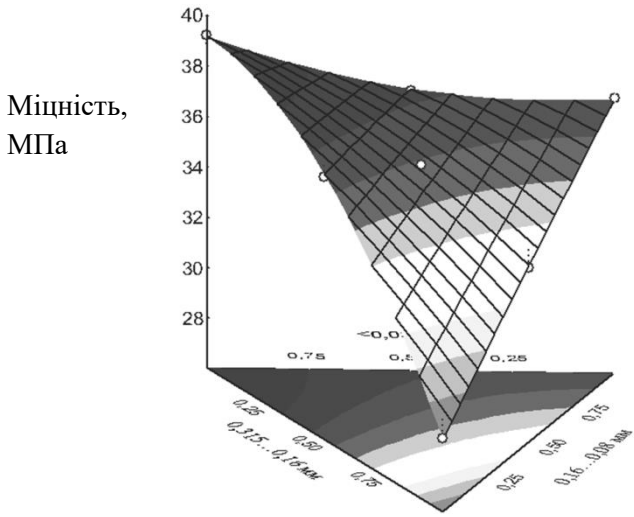
Поверхня відгуку міцності композиту (плани  $B_2$ - $B_4$ ,  $Ha_5$ )



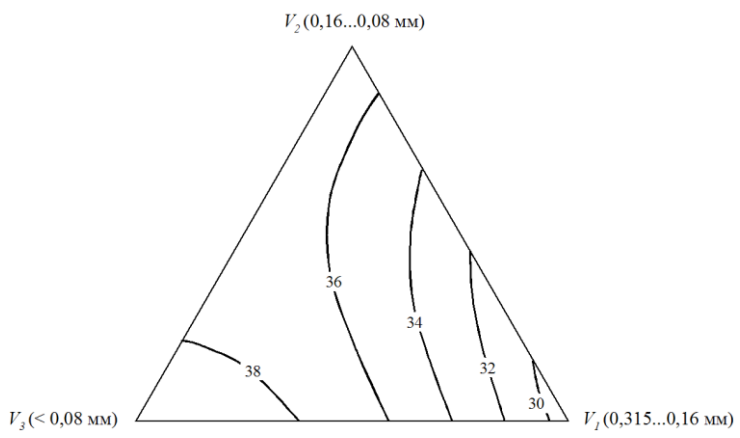
Ізолінії міцності бетону в залежності від впливу хімічних добавок



Приклад графічного вирішення задачі оптимізації складу композиту



Поверхня відгуку вихідного параметра (міцності при стиску)  
залежно від зернового складу заповнювача  
(симплекс-метод)



Ізолнії міцності при стиску  
(симплекс-метод)

Структура залікового кредиту дисципліни  
"Науково-дослідна практика"

№	Назви тем змістових модулів	Кількість годин
<b>Змістовий модуль 1</b>		
1	Проходження інструктажу з охорони праці та отримання щоденника і робочої програми перед від'їздом на практику	4
2	Від'їзд	4
3	Оформлення документів про прибуття на місце проходження практики. Інструктаж з охорони праці.	8
4	Виробнича екскурсія на підприємстві	14
5	Робота у виробничих підрозділах підприємства	36
6	Робота з проектними матеріалами по окремих підрозділах підприємства	22
<b>Змістовий модуль 2</b>		
7	Виконання індивідуального науково-дослідного завдання	81
8	Оформлення звіту з практики	27
9	Захист звіту на підприємстві	4
10	Від'їзд	12
11	Захист звіту на випусковій кафедрі	4
	Всього:	216

Розподіл балів, що присвоюються студентам

Модуль 1		Захист звіту	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2		
30	30	40	100

## Критерії оцінювання результатів проходження науково-дослідної практики

90... 100 балів – Студент повністю виконав програму практики; звіт за структурою, обсягом і змістом відповідає вимогам програми практики: основні положення звіту глибоко обґрунтовані і логічні; звіт має якісне оформлення: під час захисту звіту студент аргументовано доводить набуття ним практичних навичок, Передбачених програмою практики;

85...89 балів – Студент повністю виконав програму практики: звіт за структурою, обсягом і змістом відповідає вимогам програми; основні положення звіту достатньо обґрунтовані; незначне порушення послідовності; прийнятне зовнішнє оформлення: захист звіту дозволяє виявити наявність необхідних практичних умінь, передбачених програмою практики;

73...84 балів – Студент повністю виконав програму практики: звіт за структурою, обсягом і змістом відповідає вимогам програми практики, але має незначні недоліки: основні положення звіту обґрунтовані; задовільне зовнішнє оформлення звіту; захист звіту дозволяє виявити наявність практичних умінь, передбачених програмою практики.

70...74 балів – Студент повністю виконав програму практики, звіт відповідає вимогам програми, але має недоліки за структурою і змістом; основні положення звіту недостатньо обґрунтовані з порушенням послідовності; задовільна якість оформлення звіту; захист звіту з незначними недоліками, які студент усуває з допомогою викладача.

60...69 балів – Студент повністю виконав програму практики; звіт має недоліки за структурою і змістом; основні положення звіту недостатньо обґрунтовані з порушенням послідовності: якість зовнішнього оформлення звіту задовільна; захист звіту не дозволяє в повній мірі виявити практичні навички, передбачені програмою практики.

35...59 балів – Студент виконав більше 50% програми практики; звіт відповідає вимогам програми практики, але має значні неточності за структурою і змістом: основні положення звіту недостатньо обґрунтовані з порушенням послідовності: якість зовнішнього оформлення звіту задовільна: захист звіту показує, що студент не

набув достатніх практичних навичок, передбачених програмою практики

1..34 балів - Студент виконав менше 50% програми практики і представив звіт незадовільного змісту і якості оформлення: захист звіту показує відсутність практичних навичок, передбачених програмою практики.



Зразок оформлення титульного листка

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів та матеріалознавства

ЗВІТ  
з науково-дослідної практики

Виконав: здобувач вищої освіти магіс-  
терського рівня гр.ТБК-52, ННІБА

(Прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник практики від підприємства:

Керівник практики від університету:

Рівне-2024